



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

LAITEYMPÄRISTÖN RAKENTAMINEN 3D- METALLINTULOSTIMELLE

Miika Kesti

Opinnäytetyö
Joulukuu 2016
Kone- ja Tuotantotekniikka
Tuotantotalous



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja Tuotantotekniikka
Tuotantotalous

Kesti, Miika:
Laiteympäristön rakentaminen 3D-metallintulostimelle

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Joulukuu 2016

Opinnäytetyön tekemisen taustalla oli iso Pirkanmaan alueella toimivien koulutuksen järjestäjien yhteinen 3D boosti ja invest -kehityshanke. Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää sopiva oppimisympäristö Sastamalan koulutuskuntayhtymästä, johon 3D-metallintulostin voitiin järkevästi sijoittaa. Tavoitteena oli rakentaa toimiva tuotantoympäristö Vammalan ammattikoulun metalliosaston yhteyteen, joka palvelee niin opetusta kuin myös muitakin yhteistyökumppaneita. Työn onnistumisen kannalta oli tärkeätä, että suunnittelutyön aikana hyödynnettiin eri asiantuntijoiden osaamista unohtamatta teoreettista viitekehystä.

Työn tuloksena saatiin rakennettua toimiva tuotantoympäristö 3D-metallintulostimelle, joka mahdollistaa teknologiateollisuuden palvelemisen tuotekehityksen näkökulmasta katsottuna. Tämän lisäksi rakennettiin mahdollisuus, jonka avulla voidaan luoda koulutuksellista yhteistoimintaa toisen asteen koulutuksen ja korkeakoulujen välillä.

Voidaan todeta, että projekti saatiin toteutettua sille asetetuissa rajoissa ilman suurempia ongelmia. Projektilla saatiin luotua uutta teknologiaa hyödyntävä toimintaympäristö, joka palvelee nyt ja tulevaisuudessa entistä tehokkaammin koulutuksen sekä työelämän nopeasti muuttuvia tarpeita. Markkinoinnin näkökulmasta katsottuna tämän projektin toteutumisella on selkeä tehtävä alueellisesti ja myös valtakunnallisesti ajateltuna. Tehtyä opinnäytetyötä voidaan hyödyntää uusien investointiprojektien suunnitteluvaiheessa, jos kysymyksessä on vastaavanlainen tuotantoympäristön rakentaminen.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Production Economics

KESTI, MIKA:

Building of a hardware environment for a metal 3D printer

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 2 pages
December 2016

As a background for this thesis, there was a major 3D boost and invest development project organised together with the schools in the region of Pirkanmaa. The purpose of the thesis was to find a suitable learning environment within Sastamala municipal Education and Training Consortium, where it would be viable to place a metal 3D printer. The goal was to build a functioning production environment for the metalwork unit in the vocational school of Vammala that would serve in schools as well as other cooperation partners. For the success of the work, it was important to use the knowledge of several experts and not to forget the theoretical framework, when the project was engineered.

As a result, a functioning production environment was built for a metal 3D printer that will serving of technology industry in the field of product development. In addition, a prospect for cooperation with other secondary schools and colleges was created.

The project was implemented within the set limits without major problems. It allowed the establishment of an operational environment that exploits new technology and will serve more efficiently the rapidly changing demands in education and working life at present and in the future. In the aspect of marketing, the realisation of the project has a clear assignment in the region as on the national level. This thesis can be used in drafting of new investment projects, if the goal is to construct a similar production environment.

Key words: investment project, engineering of a production environment, Work safety

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TUOTANTOTILAN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	6
2.1	Tarpeen määrittäminen	7
2.2	Investointitarpeen suunnittelu	7
2.3	Päätöksenteon vaihe.....	8
2.4	Tuotantotilan suunnittelu	8
2.5	Toteutus	8
2.6	Käyttöönotto	8
3	TUOTANTOTILAN TURVALLISET TYÖOLOSUHTEET	9
3.1	Tavoitetasojen määrittäminen.....	9
3.2	Työturvallisuuden huomioiminen suunnittelussa	10
3.3	Tuotantotilan ergonomia.....	10
3.4	Fyysinen työympäristö.....	11
3.4.1	Melu	11
3.4.2	Tuotantotilan ilmanvaihto	11
3.4.3	Lämpötila	12
3.4.4	Valaistus	12
4	INVESTOINTIPROJEKTI.....	13
5	TUOTANTOTILAN MERKITYS JA TARVE	13
5.1	Tilan määrittäminen	14
5.2	Työturvallisuus	15
5.3	Suunnittelu.....	15
5.4	Projektin hallinta.....	16
5.5	Toteutus	17
5.5.1	Lattian ja seinien kunnostus	17
5.5.2	Lattian pinnoitus ja väliseinät	19
5.5.3	Kaasu- ja paineilmanverkosto	20
5.5.4	Sähkö- ja tietoliikenneverkko	25
5.5.5	Raaka-aineiden käsittely	28
5.5.6	LVI- töiden toteutus	31
5.6	Budjetti.....	34
6	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	38
	Liite 1. Pohjapiirustus.....	38
	Liite 2. Sähkö- ja tietoliikenneverkko piirustus	39

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön lähtökohtana on tarve määrittää, suunnitella ja toteuttaa 3D-metallintulostimen tuotantotila Vammalan ammattikoulun metalliosastolle. Opinnäytetyön sisältö koostuu teoreettisesti tarkasteltuna 3D-metallintulostimen edellyttämistä tilavaatimuksista, tuotantotilan rakentamisesta ja käyttöturvallisuudesta sekä yhteenvedosta. Tavoitteena on rakentaa vaatimukset täyttävä valmis 3D-metallintulostimen tuotantoympäristö sekä organisoida laitteistoiden asentaminen kyseiseen tuotantotilaan. Tarkoituksena on saada toimiva tuotantoympäristö sekä opetuksellisesta, että tuotannollisestakin näkökulmasta tarkasteltuna. Opinnäytetyö on tehty asiantuntijoiden, havaintojen ja kirjallisen aineiston pohjalta.

2 TUOTANTOTILAN SUUNNITELUN LÄHTÖKOHDAT

Toimivan tuotantotilan rakentamisessa on oleellista suunnittelun ja toteutuksen onnistuminen. Suunnitteluvaiheessa pitää huomioida tuotannolliset sekä tilalliset vaatimukset yhteistyössä loppukäyttäjien kanssa. Varsinainen tuotantoprosessi kokonaisuudessaan määrittää hyvin pitkälti minkälainen toimintaympäristö tuotantotilasta täytyy rakentaa. Tuotantotilalla on yleensä useita eri käyttäjiä ja jokaisella käyttäjällä on omia tarpeita tuotantotilan käytettävyyden suhteen. Suunnitteluvaiheessa onkin erityisen tärkeitä huomioida eri käyttäjien tarpeet ja pyrkiä huomioimaan nämä toteutuksessa. (Mäkelä 2012, 3.)

Haverilan, Uusi-Rauvan & Kourin (1993, 344) mukaan tuotantotilan suunnittelussa määritetään koneiden ja laitteiden yksityiskohtainen sijainti, josta piirretään tarkka layoutkuva. Toteutuksen suunnitteluun sisältyy erilaisia rakentamiseen sekä järjestelmien ja käyttöönoton suunnittelemiseen liittyviä toimenpiteitä. Suunnitelmassa huomioidaan eri tehtävien ajankohdat sekä resurssi- ja rahoitustarpeet. Tuotantotilan rakentaminen on yleensä pitkäkestoinen toimenpide, mikä pitää sisällään paljon erilaisia tehtäviä ja kiinnittää suuren joukon eri tahojen asiantuntijoita. (Haverila, ym. 1993, 344.)

Tuotantotilan suunnittelemisessa ja toteuttamisessa tulisi huomioida todellisten käyttäjien käytettävyyshämmömykset tuotantotiloista, joissa he toimivat, koska he ovat omien työympäristöjensä varsinaisia asiantuntijoita (Mäkelä 2012, 9).

Tuotantotilan toteutuksen prosessit

1. Tarpeen määrittäminen
2. Investointitarpeen suunnittelu
3. Päätöksenteon vaihe
4. Tuotantotilan suunnittelu
5. Toteutus
6. Käyttöönotto

(Mäkelä 2012, 5).

2.1 Tarpeen määrittäminen

Tuotantotilan rakentamisen taustalla on yleensä todellinen tarve, ongelma tai tavoite. Syy uuden tuotantotilan rakentamiselle voi olla esim. tuotannollinen tai tila on muuten sopimaton nykyiseen tarpeeseen. Toisaalta tilan muutostarve voi perustua pelkästään imagolisiin tekijöihin. Prosessin aikana on erityisen tärkeätä ottaa huomioon tulevien käyttäjien vaatimuksia, jotta voidaan määrittää riittävän selkeästi ja yksityiskohtaisesti esille tulevat asiat. (Mäkelä 2012, 5.)

2.2 Investointitarpeen suunnittelu

Investointitarpeen suunnitteluprosessiin pitää varata riittävästi aikaa sekä resursseja. Tässä vaiheessa pitää nimetä henkilö tai henkilöt, jotka sitoutuvat tehtävään työhön ja ottavat vastuun prosessin hoitamisesta. Tässä vaiheessa sovitaan eri tahojen yhteistyömuodoista ja asiantuntijoiden käyttämisestä. Tuotantotilojen muuttaminen on hyvä aloittaa tarvittavien tietojen keräämisestä ja analysoinnista. Parhaiten tietoja saa käyttäjiltä sekä työympäristöstä, jota muutos koskee. Tietojen hankinnassa voidaan käyttää tarpeen mukaan myös ulkopuolisia asiantuntijatahoja.

Suunnitteluprosessin tueksi tarvitaan erilaisia aineistoja ja tietoja. Yleensä valmiina löytyviä tietoja ovat esim. rakennepiirustukset ja erilaiset raportit. Tuotantotilan muuttamisessa toisenlaiseksi tietoa voidaan hankkia haastattelemalla asiantuntijoita ja työntekijöitä. Tämän lisäksi erilaiset vierailut muihin organisaatioihin tai laitevalmistajien tuotantotiloihin antavat uudenlaisia näkemyksiä tuotantotilojen layouteista sekä toimintatavoista. Tarvittavien tietojen hankinnassa on kuitenkin tärkeätä muistaa tutustua työpisteisiin ja työtehtäviin ja sitä kautta saatavaan yksityiskohtaiseen aineistoon.

Investointitarpeen suunnitteluvaiheessa pitää huomioida ja myös päättää kaikista keskeisistä tekijöistä, jotka vaikuttavat lopulliseen toimintaan. Päätettäviä asioita ovat mm. resurssit, tavoitteet, tilat, tuotanto ja toteutus. (Mäkelä 2012, 5.)

2.3 Päätöksenteon vaihe

Hankeen toteutuspäätös perustuu monipuoliseen investointitarpeen suunnitelman tuloksiin, jonka mukaan johto tekee päätöksen hankkeen aloittamisesta. Aineiston pitää sisältää riittävän tarkat ja oikeat tiedot kustannuksista, aikatauluista, resursseista, toteutuksesta ja todellisesta hyödystä. (Mäkelä 2012, 6.)

2.4 Tuotantotilan suunnittelu

Tuotantotilan suunnitteluvaiheessa päätetään urakoitsijoiden ja toimittajien valinnasta. Suunnittelu ja toteutusvaihe ovat käytännössä toistensa kanssa samanaikaisesti tapahtuvia toimintoja, jotka sinänsä tuovat haasteita organisoinnin ja tiedottamisen suhteen. (Mäkelä 2012, 6.)

2.5 Toteutus

Toteutusvaiheessa suoritetaan tuotantotilojen rakentamiseen liittyvät työt, minkä jälkeen tehdään varsinainen koneiden ja laitteiden asennus. On hyvä huomioida myös se, että rakentamis- ja asennustöiden aikana voi tulla arvaamattomia muutostarpeita, jotka pitää hoitaa kuntoon. Tästä johtuen onkin hyvä, että suunnittelijoille varataan myös resurssia toteutusvaiheeseen. (Mäkelä 2012, 6.)

2.6 Käyttöönotto

Käyttöönottamisen vaiheessa koneiden ja laitteiden toiminta testataan. Tämän lisäksi tuotantotilan toimivuutta tarkastellaan ja muutetaan mahdollisuuksien mukaan. Käyttöönottovaiheesta saatava tieto on hyvä dokumentoida, koska sitä voidaan hyödyntää mahdollisesti tulevaisuudessa uusien investointien apuna. (Mäkelä 2012, 6.)

3 TUOTANTOTILAN TURVALLISET TYÖOLOSUHTEET

Ennen tuotantotilan rakentamista pitää suunnitteluvaiheessa huomioida myös tulevien työolosuhteiden vaikutukset työturvallisuuteen. Ennakoimalla tulevien työtilojen, laitteiden, koneiden ja menetelmien aiheuttamia vaikutuksia työhyvinvointiin, voidaan varmistaa riittävä työturvallisuus ja hyvät työolosuhteet työntekijöille. Suunnitteluvaiheessa toteutettu työturvallisuusasioiden ennakoiminen antaaakin selkeästi kustannustehokkaamman lopputuloksen kuin se, että työturvallisuusnäkökohdat huomioidaan jälkijättöisesti. Työturvallisuuslaki velvoittaa huomiomaan työn turvallisuuden ja terveellisyyteen vaikuttavia asioita silloin, kun suunnitellaan työtilojen, välineiden ja menetelmien muutoksia. (Salonheimo 2002, 71-72.)

Työympäristön ja työolosuhteiden järkevällä suunnittelulla sekä toteuttamisella voidaan saavuttaa parempi työhyvinvointi ja sitä kautta parempi tuottavuus. Kun suunnitellaan muutoksia työtiloihin tai rakennetaan uusi tuotannollinen tila, niin pitää asettaa tietty tavoitetaso, mihin pyritään. On kuitenkin järkevää, että asetettavat tavoitteet ovat realistisesti saavutettavissa nykyaikaisia teknologioita käyttäen, mutta kuitenkin vaaditun minimitason yläpuolella. Työympäristön tavoitetaso asettamisen tarkoituksena on fyysisessä työympäristössä olevien kemiallisten, fysikaalisten, biologisten ja ergonomisten asioiden tavoitetilan määrittäminen. Suunnitteluvaiheessa on pyrittävä saavuttamaan mahdollisimman hyvä lopputulos, jotta vältetään huonon työympäristön negatiivisilta vaikutuksilta ja saadaan hyödynnettyä positiiviset vaikutukset valmiissa työympäristössä. (Mäkelä 2012, 26-27.)

3.1 Tavoitetasojen määrittäminen

Työympäristön tavoitetasojen määrittämistä voidaan helpottaa käyttämällä kolmipor- taista menetelmää, jossa tavoitetasot määritetään teollisuusalan tai työtehtävän mukaisten yleisten haittatekijöiden arvojen avulla. Saatuihin tavoitetasoihin kannattaa pyrkiä silloin, kun työyhteisön työhyvinvointia pyritään kehittämään.

Tavoitetasojen muodostuminen:

1. Lainsäädännön edellyttämä taso, jossa terveysriski ei ole hyväksyttävä
2. Yleinen taso, jossa terveysriski on jollakin tavalla arvioiden hyväksyttävä, mutta työolosuhteet eivät ole välttämättä optimaalisella tasolla.
3. Pyrittävä tavoitetaso, joka antaa minimaaliset terveysriskit ja vastaavasti parhaan mahdollisen hyödyn työhyvinvoinnin sekä tuottavuuden kannalta arvioituna.
(Mäkelä 2012, 27.)

3.2 Työturvallisuuden huomioiminen suunnittelussa

Tuotantotiloja suunniteltaessa ammattilaisen tulee huomioida henkilöstön sekä tuotannon näkökulmasta rakenteellinen- ja toiminnallinen turvallisuus sekä palo- ja työturvallisuus. Tuotantotilan rakenteellinen suunnittelu yhdessä laitteiden ja koneiden sijoittamisen kanssa vaikuttavat kokonaistoimintaan ja siten myös oleellisesti työturvallisuuteen. Kone- ja laiteturvallisuuteen vaikuttavat tilan rakentamisessa huomioitavat ratkaisut. Näitä ovat esim. hätäpoistumis- ja pelastusteiden määrittäminen. (Mäkelä 2012, 28.)

3.3 Tuotantotilan ergonomia

Tuotantotilassa tapahtuva työtoiminta määrittää kokonaisuudessaan sen, millä tavalla työtilassa tapahtuva liikkuminen järjestetään parhaalla mahdollisella tavalla. Tuotantotilassa on otettava huomioon myös materiaalien varastointi, kunnossapito, siivous yms. asiat, jotka vaikuttavat työympäristön toimintaan.

Työpisteet ja laitteet kannattaa sijoittaa loogisesti sellaisiin paikkoihin, että työn kulku on mahdollisimman jouhevaa ja siten myös ergonomisestikin ajateltuna järkevää. TyöpiSTEiden sijoittamisessa kannattaa ottaa huomioon käyttäjät ja niiden asettamat vaatimukset. Esimerkiksi erittäin lyhyelle henkilölle ei kannata laittaa materiaaleja korkeisiin hyllyihin ja päinvastoin. Onkin tärkeätä, että alussa selvitetään ketkä ovat käyttäjiä ja minkälaisia työkokonaisuuksia sekä työtehtäviä tuotantotilassa tehdään. Laitteet ja kalusteet pitäisi olla mahdollisuuksien mukaan muunneltavissa erilaisien käyttäjien tarpeita vastaaviksi. (Mäkelä 2012, 28.)

3.4 Fyysinen työympäristö

Työturvallisuuslaki edellyttää, että työn suunnittelemisessa on otettava huomioon työntekijöiden fyysisten ja henkisten kuormitusten vaikutukset. Asetus edellyttää, että fyysistä ja henkistä kuormitusta tulee välttää tai vähentää työssä. Fyysistä kuormitusta ovat esim. toistuvat paljon lihasvoimaa vaativat nostot työssä ja henkistä kuormitusta voi syntyä esim. liiallisesta kiireestä, jonka työtehtävien hoitaminen aiheuttaa. (Salonheimo 2002, 72.)

3.4.1 Melu

Liiallinen melu vaikuttaa monella tapaa työhyvinvointiin. Melu häiritsee ihmisten välistä kommunikointia ja voi pahimmillaan aiheuttaa kuulovamman. Melu koetaankin yleensä työympäristöissä suurimmaksi kuormittavaksi tekijäksi.

Tuotantotilojen suunnitteluvaiheessa pitäisi ottaa huomioon myös mahdolliset melua aiheuttavien koneiden ja laitteiden vaikutukset tilan rakenteissa ja layoutissa. Tässä vaiheessa havaitut meluongelmat voidaan hoitaa vielä järkevästi suunnittelupöydällä, mutta jälkijättöisesti toimien voi olla mahdotonta tai ainakin kallista ratkaista kyseinen meluongelma. (Mäkelä 2012, 29.)

3.4.2 Tuotantotilan ilmanvaihto

Tuotantotilan ilmanvaihdon toteuttamisessa tulee huomioida mahdolliset tuotantoprosessin, koneiden ja laitteiden aiheuttamat päästöt tai epäpuhtaudet työympäristöön. Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa mahdolliset koneiden tai laitteiden aiheuttamat epäpuhtaudet ilmasta ja pitää työympäristön lämpöolosuhteet hallinnassa. Oikealla tavalla järjestetyssä tuotantotilassa sisäilmaongelmia aiheuttavat koneet ja laitteet pyritäänkin sijoittamaan erilleen varsinaisesta tilasta tai vastaavasti huolehditaan erityisjärjestelyjen avulla kyseisille laitteille omat kohdepoistot tai kone erotetaan esim. ylimääräisillä rakenteilla muusta tilasta. Väärällä tavalla rakennettu ilmanvaihtojärjestelmä voi aiheuttaa esim. tulipalon vaaran tai altistaa työntekijät erilaisille ammattitaukeille. Pölyinen tai muita epäpuhtauksia ja kemikaaleja sisältävä ilmanlaatu voi aiheuttaa tuotannollisia ja taloudellisia häiriöitä aiheuttamalla sairauslomia ja tuotannon tehokkuuden alenemista. (Mäkelä 2012, 29-30.)

3.4.3 Lämpötila

Tuotannollisia työtiloja suunniteltaessa on hyvä huomioida myös oviaukkojen, koneiden tai tuotantoprosessin aiheuttamat lämpömäärät ympäristölle. Koneiden aiheuttamaa lämpövaikutusta voidaan vähentää ilmanvaihdoilla tai jollakin muulla suojaamisella, joka estää lämpösäteilyn vaikutuksia työympäristöön. Työtilojen vetoisuus aiheuttaa myös ongelmia työympäristössä. On tärkeätä, että oviaukkojen läheisyydessä ei olisi kenenkään työpistettä vetoisuuden vuoksi. Jos kuitenkin on pakko työskennellä oviaukkojen läheisyydessä, niin on hyvä ratkaista vetoisuusongelma esim. rakentamalla oviverho tai lisäämällä lämmityspuhaltimet oviaukkoihin. (Mäkelä 2012, 30.)

3.4.4 Valaistus

Hyvä valaistus tuotantotilassa tehostaa tuottavuutta ja vähentää tapaturmariskiä. Tämän lisäksi työviihtyisyys lisääntyy, mikä sinällään parantaa tuottavuutta. Työprosessin näkökulmasta tarkasteltuna valaistuksen tehon tulee olla riittävä ja oikealla tavalla toteutettu. (Mäkelä 2012, 30-31.)

4 INVESTOINTIPROJEKTI

Investointiprojektin lähtökohtana on yleensä tarve hankkia uusia koneita ja laitteita tai muuttaa tuotantotiloja siten, että ne vastaavat muuttuneeseen tarpeeseen paremmin. Investoinnin lähtökohtana voi olla myös halu luoda yritykselle uusia kasvumahdollisuuksia tai olla mukana edistämässä yhteiskunnan kehitystä. Investointipäätöksen pitää perustua siihen, että rahoitus ja pääoman tarve on selvitetty ennen päätöksentekoa. (Haverila, ym. 1993, 179-180.)

Projekti on yleensä kertaluontoinen tavoitteellinen tehtävä, jolla on selkeä alkua ja loppu. Projekti voi olla esim. rakennushanke tai tuotantojärjestelmän hankkiminen. Projektille ominaisia piirteitä ovat organisointiin ja ajanhallintaan liittyvät tehtävät sekä niiden hallinta. Projektille valitaan yleensä projektipäällikkö, joka on vastuussa tavoitteiden saavuttamisesta sekä aikataulussa ja budjetissa pysymisestä. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 436-437.)

Projektin kulun aikana on huolehdittava siitä, että kustannusten toteutumista seurataan säännöllisesti projektin luonteeseen nähden sopivin väliajoin. Reaaliaikainen seuranta antaa mahdollisuuden ryhtyä tarvittaessa korjaaviin toimenpiteisiin nopeasti. Projektin onnistumisen kannalta on oleellista, että projekti suunnitellaan alusta asti riittävän huolellisesti.

Projektisuunnitelman sisältö voidaan kuvata seuraavalla tavalla:

1. Tausta, raja- ja tavoitteet
2. Toteutuksen suunnittelu
 - tehtävät
 - aikataulut
 - resurssit
3. Budjetointi
 - kustannusarvio
 - kustannusseuranta
4. Organisaatio ja päätöksenteko
5. Seuranta ja raportointi

(Haverila, ym. 1993, 181.)

5 TUOTANTOTILAN MERKITYS JA TARVE

Käyttötarkoitukseen sopivan tuotantotilan rakentaminen on tilassa tapahtuvien tuotannollisten toimintojen kannalta erittäin merkittävässä roolissa. Päätöksen tuotantotilan rakentamisen tarpeesta määritti 3D-metallintulostin, jonka sijoituspaikaksi sovittiin Sastamalan koulutuskuntayhtymä. Tarkentavien keskustelujen jälkeen päätettiin, että lopullinen sijoituspaikka 3D-metallintulostimelle on Vammalan ammattikoulu Sastamalassa. Tämän luvun tarkoituksena on selvittää tuotantotilan rakentamiseen liittyvät vaiheet ja vaatimukset.

5.1 Tilan määrittäminen

Varsinaisen tuotantotilan määrittämisen ensimmäinen vaihe oli löytää sopivin mahdollinen tila tuotantoympäristölle. Muutaman palaverin jälkeen saatiin määritettyä lähtökohdat toimivalle tuotantoympäristölle. Tärkeinä asioina nähtiin mm. paineilmaverkosto, kaasuverkosto, atk- valmius, opetuksen integroiminen, tulosteiden jälkikäsittely, mittaus ja testaus. Selvitystyön tuloksena Vammalan ammattikoulun alueelta löytyi kaksi kohdetta, jotka tilan suhteen olisivat olleet mahdollisia vaihtoehtoja 3D-metallintulostimelle. Toinen tila oli muovi- ja kumialan oppimisympäristössä ja toinen kone- ja metallialan oppimisympäristössä.

Muovi- ja kumialan oppimisympäristössä oli valmiina riittävästi tilaa, joka sinänsä olisi ollut toiminnallisesti hyvä, mutta merkittävimpana puutteena oli kaasuverkoston puuttuminen ja opetuksen integroimisen mahdollisuus. Toisaalta tulosteiden jälkikäsittely sekä mittaus ja testaus olisivat olleet helposti hoidettavissa.

Kone- ja metallialan oppimisympäristöstä oli sen sijaan haasteellisempi löytää riittävän iso ja toiminnallisesti hyvä vapaana oleva alue tuotantotilalle. Kaasu- ja paineilmaverkosto oli jo olemassa eikä tarvinnut kuin pieniä muutostöitä toimiakseen. Tietoliikenneverkko oli järkevästi toteutettavissa. Opetuksen integroiminen 3D-metallintulostimen käyttöön oli toiminnallisesti ajatellen helposti toteutettavissa. Valmiiden tulosteiden jälkikäsittely hoituisi koneistuksen käytössä olevilla koneilla ja laitteilla. Tuotteiden mittauksien ja testauksien oppimisympäristöstä löytyy valmiina oma mittavälinehuone, jossa on riittävä kone- ja laitekanta. Päätös 3D-metallintulostimen sijoittamisesta kone- ja metallialan opetusympäristöön oli sinällään selkeä ja helppo.

5.2 Työturvallisuus

Tavoitteena pidettiin sitä, että tuotantotilan rakentaminen toteutetaan siten, että työntekijän terveydelle ei aiheudu tarpeetonta haittaa tai vaaraa silloin, kun hän työskentelee laiteympäristössä. Tuotantotilan suunnittelussa pyrittiin huomioimaan työturvallisuuden näkökulmasta tarkasteltuna, että ilmanvaihdon, valaistuksen, lämpötilan ja melun määrät saadaan pidettyä keskimääräisen tason paremmalla puolella. Ilmanvaihtojärjestelmäksi riitti mainiosti yleinen ilmanvaihto, koska tuotantoprosessissa ei synny varsinaisesti mitään ylimääräistä savua ja käryä. Valaistus toteutettiin automaattisesti toimivien led-valaisimin, jotka takaavat tehokkaan ja taloudellisen vaihtoehdon vanhoihin loisteputkivalaisimiin nähden. Työympäristön lämpötilan hallinta toteutetaan seinillä olevilla lämpöpattereilla sekä ilmastoinnilla. Suunnitteluvaiheessa ei voida varmaksi sanoa kuinka paljon tuotantoprosessissa syntyy ylimääräistä lämpökuormaa, mikä sinällään voi nostaa työympäristön lämpötilan liian korkeaksi työhyvinvoinnin näkökulmasta tarkasteltuna. Jos käytäntö osoittaa, että työympäristön lämpötila nousee haitallisen korkeaksi, niin voimme asentaa jälkikäteen tilaan jäähdytyskoneen, jolla asia saadaan ratkaistua. Työympäristössä olevat koneet ja laitteet eivät aiheuta tarpeetonta melua, joten melua ei nähty ongelmana.

Materiaalit, koneet- ja laitteet, työpöydät sekä välineet sijoitettiin työympäristössä ergonomian kannalta järkevästi niin, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän kuormitusta tai terveydellistä haittaa työskentelyn aikana työntekijälle. Tuotantotilan yhteyteen tehtiin pukuhuone ja operaattorin huone siten, että kokonaisuus toimii mahdollisimman tehokkaasti ja joustavasti eri tilanteissa.

Työprosessin eri vaiheita tehtäessä työntekijän turvallisuuteen liittyvät asiat huomioitiin siten, että pukuhuone- ja tuotantotilaan järjestettiin kaapit, joissa on valmistajan edellyttämät henkilökohtaiset suojavarusteet.

5.3 Suunnittelu

Tuotantotilan suunnittelun pohjaksi käytiin keskusteluja asiantuntijoiden, laitevalmistajien ja loppukäyttäjien kanssa. Näin saatiin koottua riittävä taustatieto ennen kuin aloitettiin varsinainen tuotantotilan rakentaminen. 3D-metallintulostin oheislaitteineen asetti

tiettyjä vaatimuksia kaasu- ja paineilma- ja sähkö- ja tietoliikenneverkolle. Tämän lisäksi täytyi ratkaista 3D-metallintulostimesta käytettävien metallijauheiden, eli raaka-aineiden käsittelystä aiheutuvat vaatimukset. Sen sijaan ilmanvaihdoksi riitti normaali yleinen ilmanvaihtojärjestelmä. Lisäksi täytyi ottaa huomioon valmistajan antamat ohjeet laiteympäristössä vallitsevasta ilmankosteudesta ja lämpötilasta. Tuotantotilaa ei tarvinnut rakentaa räjähdysuojatuksi tilaksi, vaan riitti että tila on normaali, mutta erillinen tuotantotila. Opetuksellinen näkökulma oli myös yksi asia mikä täytyi ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa.

Käytettävyyden vuoksi tuotantotila jaettiin neljään erilliseen tilaan, jotka ovat pukuhuone, operaattorin huone, 3D-metallintulostimen käyttöympäristö ja raaka-aineiden käsittelyhuone. Opetuksellinen näkökulma huomioitiin myös tässä vaiheessa. Tämän jälkeen tehtiin tarvittavat piirustukset, jonka mukaan rakennustyöt sekä sähkö- ja tietoliikenneverkkotyöt voitiin toteuttaa käytännössä. (Liite 1 ja 2.)

5.4 Projektin hallinta

Tuotantotilan rakentamisella oli aikataulu, kuten projekteilla yleensä on. Projektille valittiin projektipäällikkö, jonka vastuulla oli tavoitteissa, budjetissa ja aikataulussa pysyminen. Alustavan tiedon mukaan tuotantotilan piti olla valmiina vuoden 2016 joulukuun alkuun mennessä. Ensimmäisenä tehtävänä tilasta laadittiin pohjakuva, jonka perusteella rakennustyöt voitiin aloittaa. Käytännön syistä Lvi, rakennus- ja sähkötyöt sekä muut tekniset työt jaettiin pienempiin työpaketteihin jolloin urakoitsijoiden hankinta ja töiden eteneminen aikataulun mukaisesti oli helpompi pitää hallinnassa. Seuraavassa listassa on kuvattuna eri työpakettien sisällöt toteutuksen mukaisessa järjestyksessä:

1. Konepedin tekeminen
2. Katon ja seinien maalaus
3. Lattian pinnoittaminen
4. Väliseinien rakentaminen
5. Paineilma ja kaasulinjojen tekeminen
6. Sähkö- ja atk- töiden tekeminen
7. Lvi-töiden tekeminen
8. Koneiden asennus ja käyttöönotto

Koska tuotantotilan rakentamiselle oli riittävästi aikaa, niin työpaketit voitiin rakentaa omina työkokonaisuuksina siten, että edellisen vaiheen valmistuttua aloitettiin vasta seuraavan vaiheen toteutus. Käytännössä työpakettien tekemistä ei tarvinnut limittää kuin joiltakin osin, että pysyttiin asetetuissa tavoitteissa aikataulullisesti.

Aikataulussa pysymiseksi asetettiin tavoitteet siten, että 1-4 työpaketit valmistuvat kesäkuun 2016 alkuun mennessä. Työpaketti viisi valmistuu kesäkuun 2016 loppuun mennessä. Työpaketit 6-7 valmistuu syyskuun 2016 loppuun mennessä. Viimeisenä vaiheena oli työpaketti kahdeksan valmistuminen lokakuun 2016 alussa viikolla 40.

5.5 Toteutus

3D-metallintulostin vaati myös vahvan ja värinättömän perustuksen, jonka päälle 3D-metallintulostin asennettiin. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että lattiaan jouduttiin tekemään vahvistukseksi erillinen betonilaatta valmistajan ohjeiden mukaisesti. Varsinaiset tuotantotilan rakennustyöt toteutettiin kolmessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa lattiaan tehtiin vahvistettu betonilaatta ja katot ja seinät kunnostettiin. Toisessa vaiheessa koko tuotantotilan lattia pinnoitettiin epoksinnoitteella. Kolmannessa vaiheessa rakennettiin väliseinät ja tehtiin ovien ja ikkunoiden asennus. Vasta rakenteellisten töiden jälkeen toteutettiin LVI,- paineilma- ja kaasuverkoston sekä sähkö- ja tietoliikenneverkostojen asennukset.

5.5.1 Lattian ja seinien kunnostus

Ensimmäisenä toteutettiin lattian vahvistaminen tekemällä riittävän vankka teräsbetonilaatta 3D-metallintulostimen alle. Vanhaan lattiaan tehtiin oikean kokoinen reikä, johon tehtiin tarkoituksen mukainen rauditus ja valu. Laatan valamisen jälkeen suoritettiin katto- ja seinäpintojen kunnostaminen.

Kuvassa yksi nähdään lattiaan sahattu aukko, josta vanha betonilaatta on poistettu. Uuden laatan vahvuus on noin 350 mm



KUVA 1. Lattialaatan paikka (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa kaksi on käynnissä katto- ja seinäpintojen kunnostaminen. Seinät ja katto puhdistettiin ja kunnostettiin, minkä jälkeen ne maalattiin .



KUVA 2. seinä- ja kattopintojen kunnostus (Miika Kesti, 2016)

5.5.2 Lattian pinnoitus ja väliseinät

Vanhan lattiapinnan kunnostaminen oli kolmivaiheinen prosessi. Ensimmäisessä vaiheessa vanha lattiapinnoite hiottiin koneellisesti puhtaaksi. Toisessa vaiheessa lattiapinnan epätasaisuudet ja muut rakenteelliset viat korjattiin, jonka jälkeen pinta pohjustettiin primerilla. Kolmas vaihe oli epoksinpinnoitteen levittäminen lattiaan. Valmiiksi kunnostettuun tilaan oli hyvä rakentaa suunnitelman mukaisesti väliseinät.

Kuvassa kolme nähdään kunnostettu tila, jossa katto, seinät ja lattia ovat valmiina. Kuvassa neljä on valmiiksi rakennetut väliseinät.



KUVA3. Kunnostettu tila (Miika Kesti, 2016)



KUVA4. Tilan väliseinät (Miika Kesti, 2016)

5.5.3 Kaasu- ja paineilma verkosto

3D-metallintulostimessa valmistettavien tuotteiden valmistusprosessissa on käytössä kaksi eri suojakaasua. Toinen suojakaasu on tyyppiä ja toinen argonia. Laitteen valmistaja on asettanut tarkat laatuvaatimukset käytettäville suojakaasuille. Ohessa lista vaatimuksista, jotka pitää täyttyä:

- Käyttöpaine min. 6 bar
- Virtaus max. 100 l/min
- Laatu luokka ≥ 4.6

Huomioitavaa on, että hitsauksessa yleisesti käytettävä teollinen suojakaasu ei täytä oheista 4.6 laatuluokitusta.

Paineilman laadulle on annettu myös omat erittäin tarkat laatuvaatimukset, jotka ovat lueteltuna oheisessa taulukossa:

- Käyttöpaine min. 6 bar
- Virtaus max. 120 l/min
- Laatu luokka ISO 8573-1:2010 1.4:1

Paineilman laatuvaatimus on kosteuden, öljyn ja hiukkaskoon mukaan selkeästi korkeampi mitä esim. nykyaikainen NC-työstökeskus edellyttää. Kyseiset erityisvaatimukset on otettava huomioon suunnitteluvaiheessa, koska nämä vaatimukset voivat vaikuttaa lopullisiin ratkaisuihin ja kustannuksiin tuotantotilan rakentamisvaiheessa. Alla on kuvia toteutuneesta paineilma- ja kaasuverkostosta oheislaitteineen ennen 3D-metallintulostinta.

Kuvassa viisi nähdään paineilma-verkoston jälkeen, mutta ennen ilmankuivainta asennettu yksikkö, jossa on karkeasuodatin, hienosuodatin ja vedenerottimella varustettu paineenalennin vasemmalta oikealle nimettynä.



KUVA 5. Suodatinyksikkö (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa kuusi on standardin ISO 8573-1:2010 1.4:1 mukainen ilmankuivainyksikkö, johon on liitetty hienosuodatin ja aktiivihiilisuodatin. 3D-metallintulostimen paineilmayhde on liitetty suoraan aktiivihiilisuodattimeen.



KUVA 6. Ilmankuivain suodatinyksiköllä varustettuna (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa seitsemän on kuvattuna kaasukeskukseen lisätty 12 kaasupulloa sisältävä pullopaketti järjestelmä.



KUVA 7. Kaasukeskuksen pullopaketti (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa kahdeksan on kuvattuna kaasukeskuksessa oleva varapullojärjestelmä, joka täytyi rakentaa varmistaaksemme häiriöttömän valmistusprosessin 3D-metallintulostimelle.



KUVA 8. Kaasukeskuksen varapullojärjestelmä (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa yhdeksän näkyy kaasukeskukseen asennettu hälytyslaitteisto, joka ilmoittaa automaattisesti kaasun loppumisesta kaasukeskuksen valvojalle. Ilmoituksen tultua järjestelmä huolehtii myös siitä, että varapullot otetaan automaattisesti käyttöön, kun kaasu loppuu pullopaketista.



KUVA 9. Hälytysjärjestelmä laitteisto (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa kymmenen on kuvattuna tuotantotilassa olevat suojakaasulinjat sulkuventtiileillä ja paineenalentimilla varustettuna. Varmistukseksi argon- linjassa ennen sulkuventtiiliä on asennettu erikoissuodatin, jonka tarkoituksena on poistaa marginaalisen pienet partikkelit kaasusta.



KUVA 10. Tuotantotilassa oleva suojakaasulinja (Miika Kesti, 2016)

5.5.4 Sähkö- ja tietoliikenneverkko

3D-metallintulostimen tuotantotilan lopullinen käyttötarkoitus vaikutti myös sähkö- ja tietoliikenneverkkojen rakentamiseen. Tuotantotilan sijoituspaikkana on oppilaitosympäristö, joten sähkö- ja tietoliikenneverkkojen tulee olla asianmukaisesti rakennettuna.

Opetuksellisesta näkökulmasta tarkasteltuna päädyttiin siihen, että tuotantotilaan järjestetään kamerat siten, että kameroiden välityksellä voidaan nähdä selkeää ja havainnollista lähetystä 3D-metallintulostimen toimintaympäristössä tapahtuvasta työskentelystä. Järjestelmän etuna on se, että oppilaiden ei tarvitse aina tulla paikanpäälle, vaan työskentelyä voi seurata esim. Tampereen ammattikorkeakoululla tai Tampereen teknillisellä yliopistolla suorana lähetyksenä.

Sähkökytkennät suunniteltiin ja rakennettiin määräysten mukaisesti. Laitevalmistajan ohjeiden mukaan tuotantotilassa olevan 3D-metallintulostimen eteen täytyi asentaa antis-taattiset matot, jotka kytkettiin johdolla tilassa olevaan maadoituskiskoon.

Kuvassa yksitoista ja kaksitoista näkyy 3D-metallintulostimen laiteympäristössä olevat kamerat.



KUVA 11. Kattokamera (Miika Kesti, 2016)



Kuva 12. Seinäkamera (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa kolmetoista ja neljätoista nähdään asianmukaisesti toteutetut ratkaisut sähkö- ja tietoliikenneverkkojen kytkennöistä laiteympäristössä.

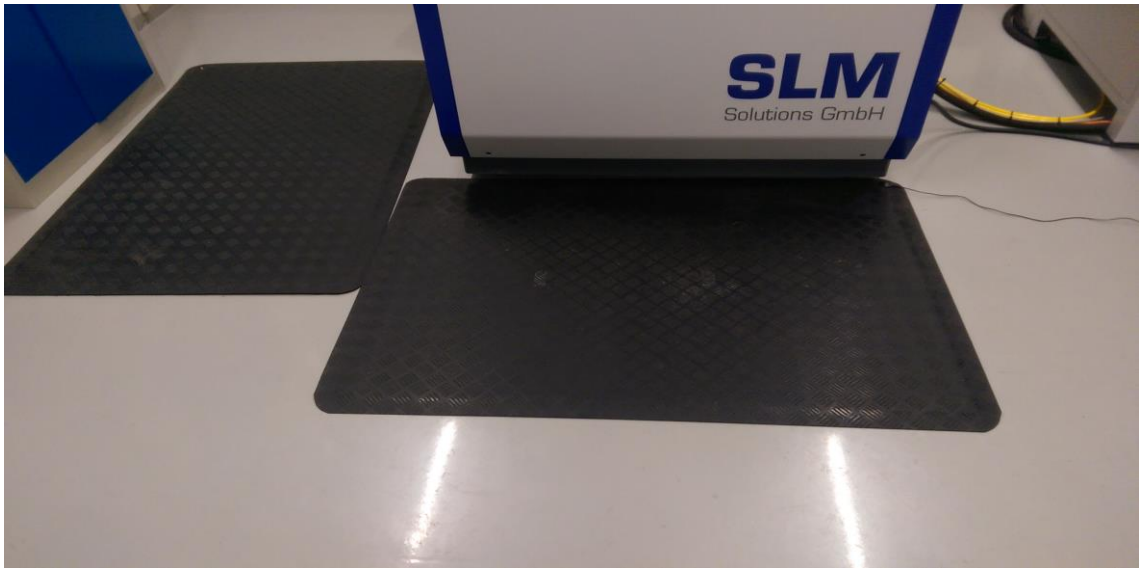


KUVA 13. Sähkö- ja tietoliikenneverkko (Miika Kesti, 2016)



KUVA 14. Maadoituskisko (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa viisitoista nähdään 3D-metallintulostimen eteen asennetut antistaattiset matot.

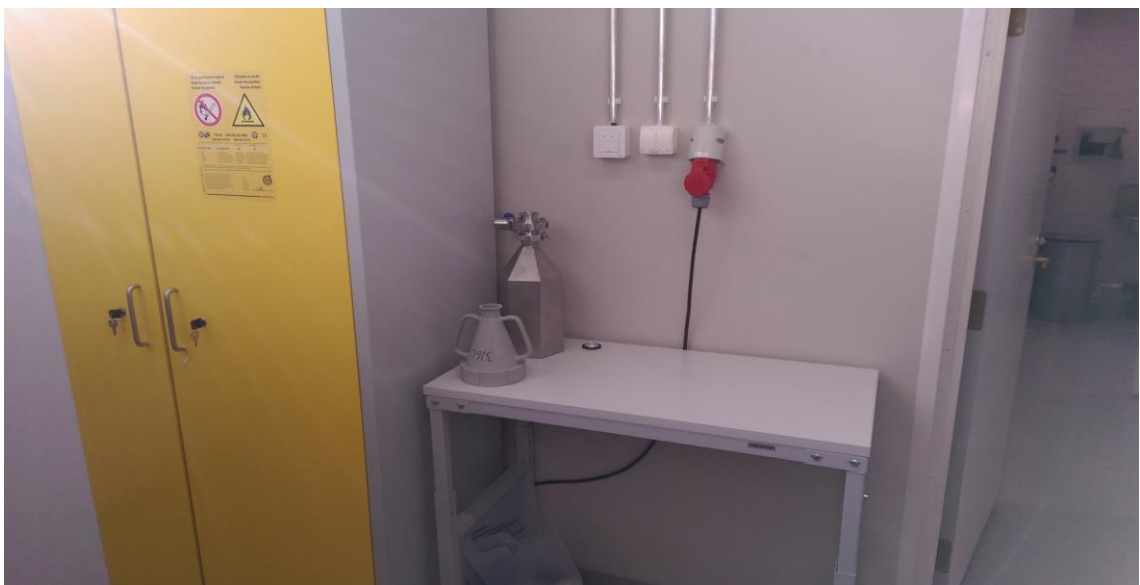


KUVA 15. Antistaattiset matot (Miika Kesti, 2016)

5.5.5 Raaka-aineiden käsittely

Yhteistyötahojen kanssa käydyissä keskusteluissa päädyttiin siihen, että raaka-aineiden varastointi, siivilöinti ja kuivaus olisi hyvä järjestää siten, että ne ovat eri tilassa kuin varsinainen 3D-metallintulostin.

Kuvassa kuusitoista näkyy metalliraaka-aineille tarkoitettu vaatimukset täyttävä varastokaappi.



KUVA 16. Varastokaappi (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa seitsemäntoista näkyy metalliraaka-aineiden kuivaamiseen tarkoitettu kaappi.



KUVA 17. Kuivauskaappi (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa kahdeksantoista nähdään raaka-aineen siivilöintiin tarkoitettu laite.



KUVA 18. Raaka-aineen siivilöintilaite

5.5.6 Lvi- töiden toteutus

Tuotantotilan ilmanvaihto ratkaistiin yleisesti käytössä olevan tavan mukaisesti. Erillisiä koneiden päälle asennettavia kohdepoistoja ei rakennettu, koska valmistajan suosituksen mukaan ne eivät olleet välttämättömiä. Laiteympäristön vallitsevaksi maximi lämpötilaksi valmistaja antaa + 30 °C ja ilmankosteuden vastaava maximi arvo on 60%. Laiteympäristön lämpötilan sekä ilmankosteuden pitäminen valmistajan antamissa rajoissa voi aiheuttaa haasteita nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän kanssa. Jos kokemus osoittaa, että laiteympäristön lämpötila tai ilmankosteus ei pysy raja-arvoissa, niin hankitaan jälkiasennettava jäähdytyskone sekä ilmankuivain laiteympäristöön. Irrallisena hankittavat lisälaitteet ovat edullisia hankkia ja riittävät vallan mainiosti tähän tarpeeseen.

Kuvassa yhdeksäntoista nähdään ilmanvaihtojärjestelmän toteuttaminen laiteympäristössä.



KUVA 19. Ilmanvaihtojärjestelmä (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa kaksikymmentä näkyy tuotantotilassa oleva vesipiste sekä suodatinyksikön pesemiseen tarkoitettu apulaite ylhäällä vasemmalla.



KUVA 20. Vesipiste (Miika Kesti, 2016)

Kuvassa kaksikymmentäykseksi näkyy erillinen jäähdytyskone, joka poistaa samalla kosteutta ilmasta.



KUVA 21. Jäähdytyskone (Miika Kesti, 2016)

5.6 Budjetti

Tämän työn kannalta tarkan kustannusarvion esittäminen ei ole erityisen tärkeätä, koska tämän tyyppisten niin sanottujen prototyyppien toteuttaminen maksaa yleensä enemmän kuin aluksi on luultu. Kustannusarvion tarkoituksena on noin arvion tekeminen, jotta kustannuksia voidaan verrata 3D-metallintulostimen tuotantotilan toteuttamiseksi annettuun 50 000 euron summaan. Toki Sastamalan koulutuskuntayhtymän taloushallinnossa selvitetään myöhemmässä vaiheessa projektiin kuluneet tarkat euromäärät.

Työssä käytettyihin materiaaleihin, urakoihin ja toimilaitteisiin käytetyt summat ovat lähellä lopullista totuutta. Työpaketteihin käytetyt kustannukset ovat karkeasti määritelty. Kuitenkin lasketut summat ovat mieluummin hieman korkeammaksi arvioituja kuin todelliset summat.

Kustannusten kohde	Yhteensä/€
1. Konepedin tekeminen	2 080
2. Katon ja seinien maalaus	2 140
3. Lattian pinnoittaminen	3 040
4. Väliseinien rakentaminen	4 580
5. Paineilma ja kaasulinjojen tekeminen	19 160
6. Sähkö- ja atk töiden tekeminen	7 200
7. Lvi-töiden tekeminen	4 800
8. Oheislaitteet ja käyttöönotto	14 000
Yhteensä	57 000

Lasketuista kustannuksista voidaan todeta, että lopulliset kokonaiskustannukset eivät pysyneet suuruusluokaltaan projektin toteuttamiseksi annetussa 50 000 euron suuruisessa budjetissa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että projektin jakaminen työpaketteihin antoi hyvän pohjan kustannusten seurannalle sekä aikataulussa pysymiselle. Yleensä rakentamisprojektille asetetut kustannukset ylittyvät 5-15 % hyvin herkästi, koska rakennustöiden edetessä

saattaa ilmetä ennalta arvaamattomia töitä tai työkokonaisuuksia, jotka nostavat kustannuksia ylöspäin. Käyttöönottovaiheessa esille tulleet ennalta arvaamattomat hankinnat aiheuttivat enemmän kustannuksia, mihin olimme varautuneet. Kuitenkin kaikki edellä mainitut hankinnat ovat olleet tarkoituksenmukaisia ja välttämättömiä laiteympäristön toiminnan kannalta.

Projektin kustannusseuranta on hyvä pitää ajan tasalla, että voidaan välttyä suurilta yllätyksiltä. Kustannusten seuranta helpotti sähköinen taloushallintajärjestelmä, johon luotiin oma kustannuspaikka ja tili, mihin kaikki projektin kustannukset tallennettiin. Syntyneitä kustannuksia pystyi seuraamaa tarvittaessa päivittäin, jolloin tarvittaviin toimenpiteisiin voitiin ryhtyä nopealla aikataululla. Käytännössä havaittiin myös, että asentamisen tai rakentamisen valvonnan tärkeyttä ei voi väheksyä, koska se vaikuttaa osaltaan alentavasti myös lopullisten työkustannusten määrään.

6 POHDINTA

Työ jakaantui kolmeen erilliseen työkokonaisuuteen, jotka olivat tarpeen määrittäminen, suunnittelu ja käytännön toteutus. Opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa 3D- metallintulostimelle valmis tuotantoympäristö, joka täyttää työturvallisuuden edellyttämät vaatimukset työolosuhteiden näkökulmasta tarkasteltuna. Koneiden ja laitteiden sijoittamisesta ei nähty järkeväksi tehdä valmista layoutkuva, koska vasta asennus- ja käyttöönottovaiheessa tiedettiin varmuudella miten laitteet on järkevää sijoittaa kyseiseen tuotantotilaan. Lisäksi on todennäköistä, että muutaman kuukauden käyttökokemus osoittaa sen, että laitteita joudutaan sijoittamaan uudella tavalla laiteympäristössä. Tästä johtuen lopullinen layoutkuva onkin järkevää tehdä vasta myöhemmin. Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin siinä mielessä, että tuotantotila valmistui aikataulussa niin kuin sen alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti pitikin valmistua.

Lopullinen arvio 3D – metallintulostimen tuotantotilan toimivuudesta voidaan antaa vasta useiden kuukausien käytön jälkeen. Kokemuksen pohjalta saadaan tarkempaa ja oikeanlaista tietoa esimerkiksi työympäristön työolosuhteista, työergonomiasta ja yleisestä työturvallisuudesta. Edellä mainitut asiat huomioitiin suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa niin hyvin kuin voitiin.

Vastaavanlaisia projekteja ajatellen opinnäytetyö antaa yleisesti hyvän pohjatiedon siitä, mitä asioita tulee ottaa huomioon suunniteltaessa uusia 3D- metallintulostinympäristöjen rakentamista. Kehitettäviä asioita voisi olla käyttöohjeistuksen laatiminen 3D- metallintulostimen tuotantoympäristölle. Käyttöohjeissa pitäisi ottaa selkeästi kantaa turvallisiin työmenetelmiin sekä henkilökohtaisten suojavarusteiden käyttämiseen.

LÄHTEET

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Kuudes painos. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.

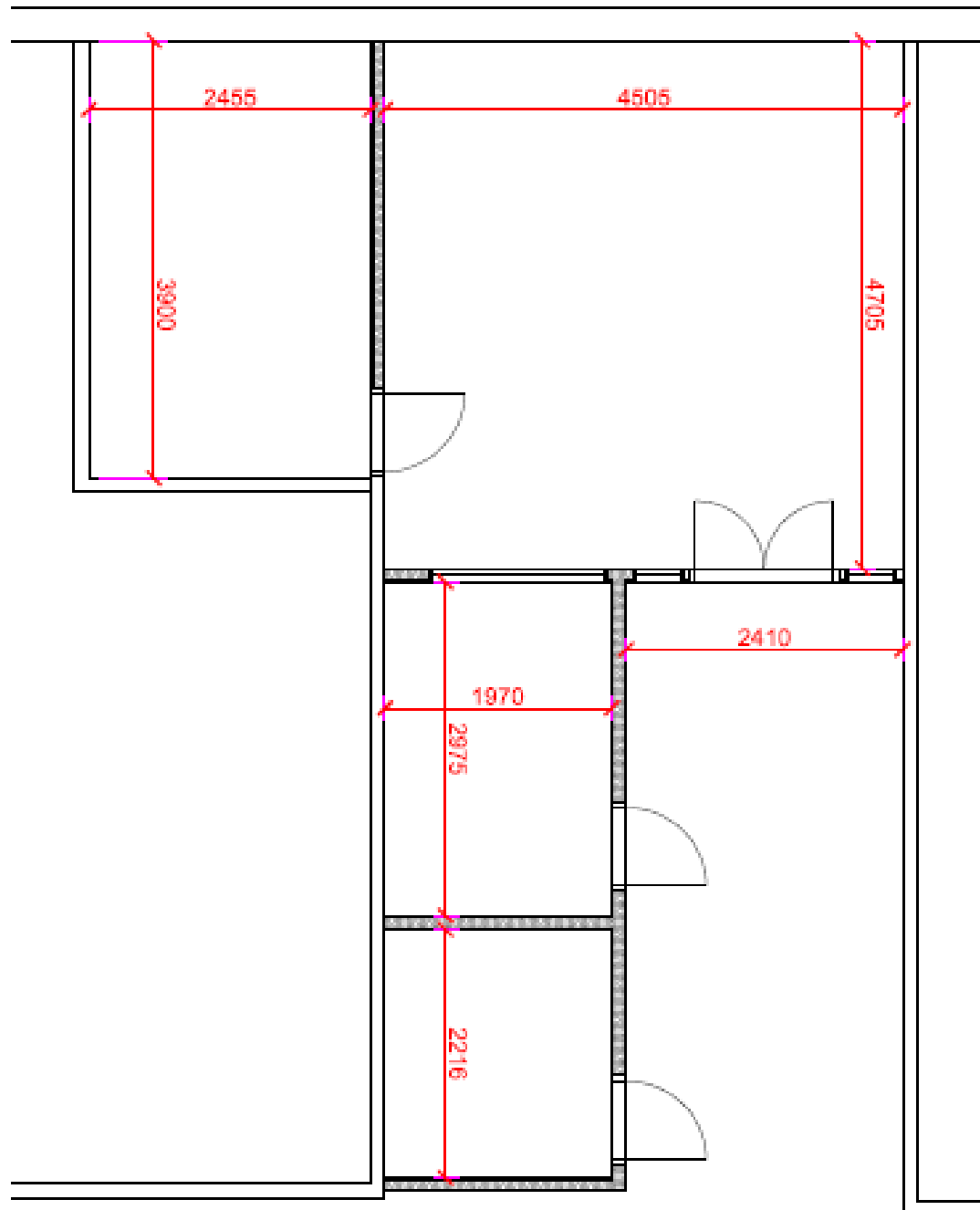
Salonheimo, J. 2003. Työturvallisuus. Helsinki: Gummerus.

Tarja Mäkelä. Teolliset tilat muutoksessa. Työterveyslaitos. Luettu 25.9.2016.
www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/Documents/teolliset_tilat_muutoksessa.pdf

Uusi-Rauva, E., Haverila, M. & Kouri, I. 1993. Teollisuustalous. Ensimmäinen painos. Tampere: Tammer-Paino.

LIITTEET

Liite 1. Pohjapiirustus J.Tanni



3D-TULOSTIN TILA	SASTAMALA
MEHILÄKASIO	
VÄLBÄT	1:50
10.08.2016	MIKA VETI
	OSM 0407038040
10.08.2016	10.08.2016

Liite 2. Sähkö- ja Tietoliikenneverkko piirustus Telilän Sähkötyö Oy

